

審査の結果の要旨

論文提出者 陶 仁春

III 族窒化物半導体は、励起子-光子強結合系である励起子ポラリトンを室温において実現できる材料系として注目されている。しかしながら、III 族窒化物半導体同士の屈折率差は比較的小さく、微小共振器の高品質化にとって障害となってきた。本論文は、“Fabrication and Characterization of Air/III-Nitride Distributed Bragg Reflector Microcavity for Exciton Cavity Polariton”（日本語訳：励起子共振器ポラリトンの実現に向けた空隙/III 族窒化物半導体分布ブラッグ反射型微小共振器の作製と評価に関する研究）と題し、屈折率差を最大限に取ることができると期待できる空隙/III 族窒化物半導体 DBR を用いた、微小共振器構造の作製と励起子ポラリトンの実現に関する研究について論じており、8 章より構成されている。英文で書かれている。

第 1 章の「Introduction」（序論）では、半導体微小共振器における光子-励起子強結合状態の基礎的な物理と研究の概要、窒化物半導体を用いた光子-励起子強結合系実現の際の課題と本論文でのアプローチについて概説している。

第 2 章は「Design of air-gap/III-nitride distributed Bragg reflector microcavities for strong coupling」（強結合に向けた空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器の設計）と題し、空隙 DBR 微小共振器設計の基本的事項について検討し、従来の III 族窒化物 DBR を用いた微小共振器よりもわずかな層数で十分高い Q 値を実現できることを明らかにした。

第 3 章の「Metal organic vapour phase epitaxy growth of multilayer structures on m-plane GaN substrates」（m 面 GaN 基板上での多層構造の有機金属気相エピタキシャル成長）では、m 面 GaN 基板上への多層構造結晶成長技術について論じている。GaN/AlGaIn のエピタキシャル成長膜の表面モフォロジーは、基板面方位の微傾斜角度および結晶成長温度に強く依存することを見出した。また 930~970°C の比較的低い温度で成長した AlGaIn 障壁層上の InGaIn 単一量子井戸構造の発光特性が、AlGaIn 層を標準的な温度で成長した場合と同程度の発光強度を示すことを見出した。

第 4 章は「Development of the fabrication process using thermal decomposition method for air-gap/III-nitride distributed Bragg reflector microcavities」（熱分解法を用いた空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器の作製プロセスの開発）と題し、GaN の熱分解による非極性窒化物半導体空隙 DBR 微小共振器構造の作製プロセス開発について述べている。二種類の DBR 微小共振器構造を熱分

解法によって作製し、電子顕微鏡および原子間力顕微鏡による観察から良好な品質であることを確認した。

第5章の「Measurements and analysis of cavity modes in air-gap/III-nitride distributed Bragg reflector microcavities with InGaN single QW」（単一 InGaN 量子井戸を有する空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器の測定と解析）では、作製した非極性空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器の光学特性評価について記述している。活性層として InGaN 単一量子井戸を共振器構造の中心に挿入しており共振器 Q 値として 1600 という値を観測した。

第6章は「Experimental demonstrations of strong-coupling in air-gap/III-nitride distributed Bragg reflectors microcavities」（空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器における強結合の実証）と題し、空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器における励起子・光子間の強結合を実現した実験結果について論じている。III 族窒化物半導体 DBR 共振器として、これまでに報告された中で最大のラビ分裂である 84 meV を観測した。

第7章の「Room temperature observation of trapped exciton-polariton emission in air-gap/III-nitride distributed Bragg reflectors microcavities」（空隙/窒化物半導体 DBR 微小共振器における室温局在励起子ポラリトンの観測）では、III 族窒化物半導体共振器において局在フォトンおよび局在励起子ポラリトン準位からの発光を観測した。

第8章の「Conclusion」（結論）では、本論文の主要な結果をまとめると同時に、この研究の将来の方向性について議論している。

以上これを要するに、本論文は、MOCVD 法と熱分解法を用いて III 族窒化物半導体空隙/半導体 DBR 微小共振器を実現し、従来より大きな結合定数を有する強結合状態を観測するとともに、共振器長ゆらぎに起因する局在励起子ポラリトンの存在を III 族窒化物半導体において初めて示したものであり、電子工学に貢献するところが少なくない。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。